

极端天气（暴雨）下 CTCS-3 级列控系统车站值班员与工务应急故障协同处置技术研究

张焱¹ 乐大金² 孙斌³ 汪海澎¹

1 中国铁路上海局集团有限公司职工培训中心南京培训基地，安徽芜湖，241000；

2 中国铁路上海局集团有限公司芜湖东站，安徽芜湖，241000；

3 中国铁路上海局集团有限公司芜湖工务段，安徽芜湖，241000；

摘要：本文旨在研究极端天气特别是暴雨条件下，CTCS-3 级列控系统的车站值班员与工务应急故障协同处置技术。首先分析了暴雨对系统设备的影响，接着对系统常见故障进行详细剖析，探讨了不同故障类型及其成因。在此基础上，提出了车站值班员的应急措施和工务部门的协同处置方案，旨在优化故障应对效率，提高系统的可靠性和安全性。研究结果表明，通过有效的应急管理措施和工务协同，能够显著减轻极端天气对列控系统的影响，保障铁路运输的安全和稳定。

关键词：CTCS-3 级列控系统；暴雨；应急处置；故障协同；车站值班员

DOI：10.64216/3080-1508.25.11.011

引言

极端天气，尤其是暴雨事件的频发，对铁路运营的安全性和可靠性提出了更高的要求。CTCS-3 级列控系统在车站运作中发挥着至关重要的作用，车站值班员和工务团队需具备有效的协同处置能力，以应对可能出现的各种故障和突发状况。

本研究采用情境模拟的方法，构建了极端天气下的模拟场景。通过分析近年来暴雨天气对列控系统运营的影响，发现大量故障集中在信号失效、道岔故障、电力设备受潮等方面。结合故障发生频率与暴雨强度的对比数据，模拟不同暴雨等级下的故障发生率。

研究过程中，制定了“快速评估-及时响应”的故障处置流程，强调信息共享与实时沟通^[3]。通过整合 CTCS-3 系统数据和气象监测数据，实时监控天气变化及系统状态之间的关联，提高故障预警能力。

在具体应急演练中，设定了“预警—响应—处置—恢复”四个环节。在预警阶段，利用大数据分析技术，根据天气预报信息及历史故障数据，自动生成故障预警指标，提示+进行必要的防范措施。应急响应则依赖于 CTCS-3 自诊断功能及人工复核相结合，保证故障识别的准确性。在处置环节，制定了以团队协作为基础的应急方案，明确工务人员的职责范围与操作规范，确保故障处理的高效与安全。

综上所述，极端天气下的 CTCS-3 级列控系统车站值班员与工务的协同处置技术，主要依托于科学的数据分析、实时信息共享与高效的团队协作。

1 极端天气对系统的影响

1.1 暴雨对设备影响

暴雨对设备的影响主要体现在供电系统和轨道健康等方面。供电系统在暴雨条件下可能面临水淹、短路等风险，尤其是户外配电箱和配电柜易积水，导致设备故障或停运。通过评估供电线路的防水等级和实施防洪措施，可以提高其抵抗能力，例如在关键区域安装防水罩和排水系统。

轨道健康监测方面，暴雨引起的土壤浸泡可能导致轨道下沉，形成不平整，影响列车运行安全。应定期利用轨道检测车进行动态检测，及时发现并修复因天气导致的轨道变形情况。应急预案中应包含轨道巡视频率的调整，在极端天气期间增加巡查次数。

对于暴雨引发的树木倒伏、泥石流等自然灾害，对设备的安全防护也需重视。工务等部门应加强沿线环境的监测，及时清理易倒树木，并加强对山体滑坡区域的监控。结合地质调查数据，可对高风险区域进行预警，避免设备因突发性灾害遭受损失。

通过提升各类系统的抗暴雨能力，不仅能保障设备的正常运行，也为极端天气条件下的安全运营提供了保障。各单位需形成制度化的监控与应急联动机制，确保在暴雨等极端天气中设备的安全性与可靠性。

1.2 系统故障分析

极端天气下，暴雨对 CTCS-3 级列控系统的影响显著，主要表现为系统设备的故障风险增加以及信号传输可靠性下降。在实际应用中，暴雨天气导致的设备渗水

情况普遍,尤其是在车站和轨道交界处(结合部),潮湿环境易导致电气设备短路,从而引发系统故障。

通过对系统故障进行分类,尤其在极端天气影像下,主要关注以下几个方面:第一,信号设备故障,频发的短路和接地故障,导致信号失常,进而影响列车运行。第二,暴雨导致通信设备水浸,影响到车站与控制中心之间的信息共享,甚至出现延误情况。第三,控制系统软件故障,系统在极端天气监测条件下出现误判,增大了故障处理时延,且复位操作困难。

在故障分析过程中,采用了多种技术手段进行监测与分析。主要包括:振动分析法,用于监测设备状态,预警潜在故障,尤其是信号设备的疲劳状态;红外热成像技术,对电气设备进行无损检测,识别隐患;实时监控设备周围的潮湿情况,并设置阈值,达到预警功能。

在暴雨导致的环境因素中,雨量监测显得尤为重要,要求设置多级传感器,通过网络化连接实时上传数据。雨量达到设置阈值时,自动触发联动机制,对路线进行暂时封闭,降低事故风险。此外,采用防水密封材料,对关键设备进行防水处理,提升设备耐候性;在设计阶段增加了抗洪水的基础设施布局,确保不受外界环境影响。

2 CTCS-3 级系统故障分析

2.1 常见故障类型

在CTCS-3级列控系统中,常见的故障类型主要包括通信故障、设备故障及人为操作失误^[1]。通信故障通常表现为列车与地面之间信号传输的中断,可能由于天气因素导致的网络不稳定、信号干扰或设备老化。此类故障可通过实时监测信号强度与完整性来识别,建议在暴雨天气下增加对信道质量的评估频率,确保备份通讯链路的可靠性。

设备故障常由硬件损坏、老化或外部环境影响引发,尤其是在暴雨等极端天气条件下,设备防水性能不足、接触不良或电气元件故障可能频繁发生。应关注连接部位的防水处理及电气组件的牢固度。针对这一问题,定期检修和升级设备,确保其在恶劣天气下的稳定性和可靠性是必要的^[5]。

电源故障也是CTCS-3级系统中的常见问题之一,主要表现为设备断电或电压异常波动,暴雨天气可能导致供电系统的短路或雷击,直接影响列控系统的正常功能。可通过多路供电系统设计和不间断电源(UPS)设备的配置来提升抗干扰能力,保障在各种环境下的供电稳定性。

故障的快速诊断与处理能力对于保障行车安全至关重要。利用故障自诊断技术,系统在侦测到异常时可

自动报警,并记录故障信息,减小人工排查的时间。此外,引入大数据分析技术,通过积累的历史故障数据,分析故障模式与频率,有助于强化对常见故障的预警能力,从而优化维护策略与应急响应机制。

2.2 故障成因分析

在极端天气背景下,CTCS-3级列控系统的故障成因主要可归纳为环境影响、系统设计和运维管理三大类。首先,暴雨引发的环境影响,尤其是降雨量及其分布对地面设施的影响显著。降雨强度大可能导致排水不畅、轨道积水或泥石流等问题,增加轨道滑行阻力,容易引发故障。特别是在地势较低或设计排水系统不足的车站,积水情况尤为严重,直接影响接触网及轨道设备的正常工作。

此外,运维管理上的不当操作也加剧了故障的发生概率。极端天气情况下,对环境监测的响应必须迅速,而频繁的设备巡检和故障处理未能及时落实。在暴雨期间,一些现场设备如道岔需进行定期的测试。这一方面导致设备故障排查延迟,另一方面在应急响应时不及时,增加了列车运行风险^[4]。

总之,暴雨导致的故障成因可以归结为多方面因素的叠加,第一个是极端天气对基础设施的物理影响,其次是系统自身设计和环境适配性不足,最后是应急管理系统的反应能力与执行水平考验。对于后续研究,应针对暴雨期间的特定环境条件,优化系统设计及运维流程,建立基于数据分析的预测模型,以提升系统的安全性与可靠性。

3 应急处置技术

3.1 车站值班员应急措施

当遇到暴雨等极端天气,车站值班员应及时配合工务部门进行应急响应。首先,应根据气象预警信息,对暴雨的预判进行评估,明确影响范围和可能带来的故障点。车务部门及时配合工务部门联系相关设备管理单位建立防洪小组,明确职责分工,确保信息通畅。

在暴雨期间,根据线路实际情况以及降雨量,防洪小组应及时指派相关作业小组前往关键作业点不间断巡查。若发现设备故障,及时启动紧急故障处置流程,与相关设备管理单位沟通,预估维修所需时间,及时报告车站值班员及调度员,确保列车运行安全,方便后续铁路运输计划的调整。设置应急处置小组,配备必要的工具和备件,赶往各处重点故障地点开展抢修。

车务部门根据公布的汛期旅客列车主动避险方案进行作业组织,汛期严格执行雨量(洪水)警戒等制度,负责防洪抢险期间机具、材料等物资的运输组织,按上级要求及时将抢险用料运到指定地点,负责水害工地的

运输组织工作,调度抢险备用车辆和大型施工机械,掌握运输、灾情等信息。畅通信息渠道,根据调度员指令,协调组织好列车运行,做好水害抢险期间的铁路车流疏解、列车迂回和折返、旅客疏散及旅客生活保障等应急处置工作。

强化车机工调“四位一体”联防联控,形成共保防洪安全合力。车站值班员接到机车乘务员、设备管理单位、地方群众等报告的险情后,应立即采取应急措施,扣停相关列车,并向列车调度员报告,同时通知设备管理单位迅速赶赴现场检查处理,排除险情后按照设备管理单位登记的行车限制条件放行列车。列车调度员接到险情报告,应立即采取应急措施,扣停相关列车,通知关系站车站值班员及相关工务单位调度,由关系站车站值班员通知相关设备管理单位迅速赶赴现场检查处理,排除险情后按照设备管理单位登记的行车限制条件放行列车。

同时,车站值班员需定期进行极端天气响应培训,模拟暴雨场景下的突发情况,训练应急处置能力,提高自我防护意识和处置突发事件的反应速度。演练内容包括暴雨情况下设备故障应急处置及乘客疏散,确保所有人员熟悉应急流程,以应对可能出现的突发状况。

3.2 工务应急协同

在极端天气(如暴雨)条件下,CTCS-3 级列控系统的车站值班员需要与工务部门紧密协同以迅速有效地应对突发故障。工务应急协同的核心在于构建高效的信息共享机制与应急资源调配流程,通过明确分工与责任,优化响应时间与处理效率。

首先,在接到暴雨预警后,车站须立即启动应急响应方案,利用实时气象监测数据,评估暴雨对线路及设备可能造成的影响。值班员通过与工务应急小组建立快速沟通渠道,及时传达故障信息及可能存在的风险点,确保信息畅通。现场应急指挥员应收集和整合来自各个监测点的数据,制定应急处置路线。

对于重度损坏的设备,应根据具体损坏程度制定分类抢修策略。若设备损坏程度较大,应提前调配专业维修人员进行现场极限作业。工务小组应针对常见故障类型,建立专项应急预案,每次应急演练时需覆盖至少 3 种不同场景,检验协同应急能力。这些演练为实战中的快速反应奠定了基础,并加强了人员在极端天气下的专业应对能力。

为防止极端天气造成的重复性故障,事后总结与数据回顾是非常关键的,应设定固定评估时间,对事件处理流程与结果进行深入分析,形成应急处置改进方案^[2]。建立可视化的应急处置数据库,通过云平台进行经验共

享,确保各岗位人员对故障处理流程及应急策略的熟悉程度,提升今后类似事件的处理能力。

此外,要加强与气象部门的联动交流,实验基于气象模型的系统化信息预警,减少天气因素对列控系统的干扰。通过实施动态监测与实时数据分析,改进整体应急响应机制,以适应不同震荡环境下的技术挑战。在工务应急协同中,确保现场指挥、故障处置与通讯协同的高度一致性,形成完备的应急响应体系,最大化保障列车运行的安全稳定。

4 结论

在此次研究中建立的协同处置机制,明确了值班员在接到故障报告时的职责,包括及时向相关工务人员反馈信息。使用智能监测系统的必要性方面,利用实时数据采集与分析技术,对路网状态进行动态监控,生成风险地图,以便于工务人员提前做好防范措施。

在协同应急处置中,关键参数如故障响应时间被严格控制。通过实施标准化应急流程,显著提高了处置效率。为确保实战中的高效协作,开展针对值班员与工务人员的联合培训,培训内容涵盖应急处置、设备状态检查和信息共享机制,提升了人员技能水平与团队配合的默契度。

此外,工务人员在暴雨处理中需要掌握关键的路基排水设计参数,确保路基能及时排水,避免因排水不畅导致的设备故障。根据现场勘查,合理设计排水系统的流量要求,能够显著降低线路浸水风险。

本文的研究成果还为今后的技术改进提供了参考依据,建议持续监测和回顾应急处置的有效性,通过不断优化响应机制与技术手段,以提升对极端天气事件的整体适应能力。在未来的实践中,除定期进行设备检测与应急演练外,还需加强对新技术、新材料的探索与应用,以逐步实现对自然灾害的更高效、更精准的应对能力。

参考文献

- [1] 林德志. CTCS-3 级无线连接超时典型故障分析及措施[J]. 铁路通信信号工程技术, 2020: 6.
- [2] 张晓敏. CTCS-3 级列控系统运行中存在的问题及处理流程[J]. 高铁速递, 2021: 1 (95).
- [3] 周宇晖. 基于铁路 5G-R 的 CTCS-3 级列控系统适用性研究[J]. 中国铁路, 2022: 6.
- [4] 宋俊福. 铁路车站值班员应急处置能力评价体系构建[J]. 铁道运输与经济, 2022: 9.
- [5] 陶余永. 高铁 CTCS-3 降级典型故障案例分析及优化措施[J]. 铁路通信信号工程技术, 2021: 5.